



Universidad
Católica de
Valencia
San Vicente Mártir

TFG

TRABAJO FIN DE GRADO

**GRADO EN
VETERINARIA**

EL USO DEL VERDE DE INDOCIANINA (ICG) EN CIRUGÍAS INTESTINALES POR OBSTRUCCIONES DE CUERPOS EXTRAÑOS EN ANIMALES DE COMPAÑÍA - SERIE DE CASOS

Alumno: Maya Rey Ferrer
Tutor: Nuria Fernández Salesa
Curso académico: 5º



Facultad de Veterinaria
y Ciencias Experimentales
Universidad Católica de Valencia
San Vicente Mártir

Índice de contenido

Resumen	1
Abstract.....	2
1. Introducción	3
1.1. Conceptos básicos sobre el verde de indocianina (ICG)	3
1.2. La técnica NIRF con ICG en el mapeo vascular y su situación en la cirugía intestinal.....	3
1.3. Obstrucciones por cuerpos extraños (CE) en perros	4
1.3.1. Fisiopatología de la obstrucción intestinal	5
1.3.2. Tratamiento de la obstrucción intestinal	6
1.4. Evaluación de la viabilidad del tejido intestinal	7
1.5. Complicaciones postquirúrgicas – dehiscencias de sutura	7
1.6. Hipótesis del estudio	8
2. Objetivos del estudio.....	8
3. Material y métodos.....	9
3.1. Protocolo del estudio	9
3.1.1. Nº de la población del estudio	9
3.1.2. Criterios de inclusión y exclusión	9
3.1.3. Preparación del inyectable y procedimiento intraoperatorio	9
3.1.4. Descripción del dispositivo de evaluación de la fluorescencia y manejo básico	11
4. Resultados.....	13
4.1. CASO 1	13
4.1.1. Primera intervención quirúrgica	13
4.1.2. Evolución postquirúrgica de la primera intervención	16
4.1.3. Segunda intervención quirúrgica.....	16
4.1.4. Evolución postquirúrgica de la segunda intervención	17
4.2. CASO 2	17
4.2.1. Primera intervención quirúrgica	17
4.2.2. Evolución postquirúrgica de la primera intervención	19
4.2.3. Segunda intervención quirúrgica.....	20
4.2.4. Evolución postquirúrgica de la segunda intervención	23
4.3. CASO 3	23

4.3.1.	Intervención quirúrgica	23
4.3.2.	Evolución postquirúrgica	26
4.4.	CASO 4	27
4.4.1.	Intervención quirúrgica	27
4.4.2.	Evolución postquirúrgica	29
5.	Conclusiones.....	30
6.	Bibliografía	35
7.	Anexos	

ABREVIATURAS

- **ICG:** Verde de Indocianina
- **NIR:** Near-Infrared
- **NIRF:** Near-Infrared Fluorescence
- **CE:** Cuerpo Extraño
- **R&A:** Resection & Anastomosis
- **IBD:** Inflammatory Bowel Disease

Resumen

Las obstrucciones por cuerpos extraños son la causa más frecuente por la que se realiza una cirugía intestinal en los animales de compañía. En esta patología se puede llegar a comprometer la integridad del tejidos intestinal. Por eso mismo, durante la cirugía es importante valorar la viabilidad de estos tejidos y detectar los que estén dañado. El problema en estas valoraciones es que se basan en la opinión del cirujano y pueden llevar a error.

El objetivo de este estudio es comprobar la efectividad del uso del ICG en la evaluación del tejido intestinal en las cirugías por cuerpos extraños intestinales, para detectar tejido isquémico o necrótico. Esta correcta detección de tejido dañado puede servir para ayudar a que el cirujano tome una decisión sobre la técnica quirúrgica que se va a realizar y para corregir los bordes eliminados con las enterectomias y comprobar que las anastomosis contienen tejido viable.

Se han incluido en este estudio piloto 4 animales con obstrucciones intestinales por cuerpos extraños, a los que se realizó a una laparotomía exploratoria y una enterotomía o enterectomía.

En todos los casos se realizó una evaluación de los tejidos intestinales con la técnica tradicional y con la técnica NIRF, antes y después de realizar el abordaje quirúrgico.

Se ha conseguido confirmar la eficacia del uso del ICG en la valoración de la perfusión del tejido dañado. Además, se ha podido establecer la dosis necesaria para evaluar la perfusión del tejido intestinal, el tiempo de espera para empezar a ver la fluorescencia en los tejidos. Se han podido comprobar también algunas limitaciones del ICG.

Palabras clave: enterotomía, enterectomía, verde de indocianina, ICG, cuerpos extraños, obstrucción intestinal, fluorescencia, angiografía, perfusión intestinal.

Abstract

Foreign body obstructions are the most common cause for intestinal surgery in companion animals. In this pathology, the integrity of the intestinal tissue can be compromised. For this reason, it is important to assess the viability of these tissues and detect those that are damaged during surgery. The problem with these evaluations is that they are based on the opinion of the surgeon and can lead to a mistake.

The objective of this study is to verify the efficacy of the use of ICG in the evaluation of intestinal tissue in surgeries for intestinal foreign bodies, to detect ischemic or necrotic tissue. This correct detection of damaged tissue can be used to help the surgeon to decide about the surgical technique to be performed and to correct the edges removed by enterectomies and to verify that the anastomoses contain viable tissue.

Four animals with intestinal obstructions due to foreign bodies were included in this pilot study, which underwent an exploratory laparotomy and an enterotomy or enterectomy.

In all cases, an evaluation of the intestinal tissues was carried out with the traditional technique and with the NIRF technique, before and after performing the surgical approach.

The efficacy of the use of ICG in the assessment of perfusion of damaged tissue has been confirmed. In addition, it has been possible to establish the necessary dose to evaluate the perfusion of the intestinal tissue, the waiting time to begin to see the fluorescence in the tissues. Some limitations of the ICG have also been verified.

Key words: enterotomy, enterectomy, indocyanine green, ICG, foreign bodies, intestinal obstruction, fluorescence, angiography, intestinal perfusion.

1. Introducción

1.1. Conceptos básicos sobre el verde de indocianina (ICG)

El verde de indocianina (ICG) es un derivado de la tricarbocianina que tiene carácter hidrosoluble y cierto grado de hidrofobicidad (Boni et al., 2015). Es característico por su baja toxicidad (Yuan et al., 2004) y una vida corta en la circulación sanguínea (Alander et al., 2012). Estas ventajas debidas a sus propiedades farmacológicas (Pérez-Saborido et al., 2019) permiten la administración de varias dosis en una misma intervención quirúrgica (Mullen et al., 2020b). Trabaja dentro del rango de luz infrarroja (NIR) emitiendo fluorescencia, la cual se puede observar con ayuda de dispositivos especiales que la captan (Pérez-Saborido et al., 2019).

Esta fluorescencia y su necesidad de luz NIR para observarla caracterizan a un tipo de técnica bajo el nombre de fluorescencia cercana al infrarrojo (NIRF), para la que también es necesaria la administración de biomarcadores fluorescentes, en este caso el ICG (Mullen et al., 2020b).

Al administrarse vía intraarterial o intravenosa (Otero Piñeiro, 2018), esta sustancia se va uniendo rápidamente a las proteínas plasmáticas y se mantiene dentro de los vasos sanguíneos en su mayoría (Van Manen et al., 2018). Gracias a este comportamiento, la fluorescencia que emite desde los vasos permite localizar estructuras del riego sanguíneo y valorar el grado de perfusión de los tejidos (Boni et al., 2015). Al pasar por el hígado, se elimina por la bilis sin biotransformarse en otro metabolito (Baladrón González, 2018).

1.2. La técnica NIRF con ICG en el mapeo vascular y su situación en la cirugía intestinal

En el campo de la cirugía es muy importante poder diferenciar tejidos sanos de los dañados, ya sea por falta de riego y necrosis, como por tumores y potenciales metástasis (Favril et al., 2018; Liot et al., 2018; Urbanavičius et al., 2011). Muchas veces, por falta de técnicas más precisas, se suele realizar una evaluación subjetiva, corriendo el riesgo de una menor detección de los tejidos dañados (Favril et al., 2018; Liot et al., 2018). Por eso mismo, el ICG puede ser muy beneficioso como agente de contraste en la técnica NIRF, puesto que aporta información sobre los tejidos no apreciable a simple vista, a tiempo real, y que es determinante a la hora de tomar decisiones sobre el abordaje quirúrgico o en el pronóstico (Pérez-Saborido et al., 2019).

En medicina humana se suele llevar a cabo la técnica NIRF sobre todo para realizar angiografías y linfografías intraoperatorias (Otero Piñeiro, 2018). Sirve principalmente en cirugía hepática (Otero Piñeiro, 2018), gastrointestinal, plástica, comprobación de trasplantes (Boni et al., 2015), neurocirugía y oncológica (Otero Piñeiro, 2018), e incluso se combina con técnicas robóticas

(Jafari et al., 2013). Se está utilizando tanto en técnicas abiertas como en las de mínima invasión (Liot et al., 2018).

Respecto a la rama de la cirugía intestinal humana, durante los últimos años se ha estado investigando el uso de esta técnica como ayuda en las intervenciones colorrectales oncológicas, relacionándolo con una gran reducción del riesgo de dehiscencias postquirúrgicas (Degett et al., 2016). En estos estudios se quería comprobar con el ICG la perfusión de los tejidos intestinales para conseguir una resección más precisa del tejido dañado y asegurar una correcta anastomosis (Jafari et al., 2013). Adicionalmente, se ha empezado a publicar estudios sobre la utilidad del ICG durante cirugías de emergencia para determinar la extensión del daño intestinal (Afifi et al., 2021; Liot et al., 2018).

Hasta el momento, a través de diversos estudios se ha comprobado en veterinaria la utilidad de la técnica NIRF en la evaluación del riego sanguíneo de diferentes órganos (Hayashi et al., 2017; Pirie & Alario, 2014), la visualización de diferentes estructuras del sistema linfático (Favril et al., 2019; Lin et al., 2020; Mayhew et al., 2019; Townsend et al., 2018) u órganos que normalmente no se apreciarían con exactitud (Suh et al., 2015), y la valoración de diferentes aspectos oncológicos, como la delimitación de los márgenes tumorales y la detección del NLC (Nódulo Linfático Centinela) con posible metástasis presente (Favril et al., 2018, 2019, 2020; Iida et al., 2013).

Sin embargo, todavía no se ha publicado ningún documento donde se investigue la aplicación clínica del ICG en veterinaria para poder evaluar la perfusión intestinal (Mullen et al., 2020b). Por el momento, los únicos estudios en perros han servido como medio para probar la validez del autotransplante anorrectal como alternativa a las colostomías en casos de disfunción anal, como modelo para cirugía en humanos. La técnica NIRF se usa como método de monitorización postquirúrgica del estado del tejido anastomosado (Araki et al., 2012, 2014).

1.3. Obstrucciones por cuerpos extraños (CE) en perros

Se podría considerar como definición de cuerpo extraño (CE) a cualquier objeto inanimado que no está incluido dentro de la dieta corriente y que, al ingerirse, dificulta el proceso de digestión. Para simplificar, existen dos tipos: los CE lineales (Mullen et al., 2020b), más comunes en gatos (Radlinsky, 2013), y los CE no lineales (Mullen et al., 2020b), más comunes en perros (Radlinsky, 2013). El tipo de CE puede presentar diferencias en la fisiopatología intestinal (Mullen et al., 2020b).

Los CE localizados en el intestino delgado se encuentran implicados en un 80% de los casos de obstrucciones intestinales en perros, y en gatos también tienen una predominancia marcada.

Asimismo, es la patología más habitual para la que se realiza una resección y anastomosis (R&A) en esta especie (Cimino Brown, 2010; Mullen et al., 2020b). En la mayor parte de los casos suele encontrarse obstruido el yeyuno (Hayes, 2009).

La capacidad de distensión de las estructuras anatómicas más proximales del tracto digestivo (orofaringe y esófago) favorece el paso de los CE ingeridos (Mullen et al., 2020b). Sin embargo, cuando llegan al intestino delgado se pueden quedar atascados. Si aun así consiguen avanzar hasta el intestino grueso, presentan una menor dificultad para expulsarse a través del recto, a no ser que exista algún problema subyacente que complique el proceso (Radlinsky, 2013). La facilidad del paso del CE por estos dos sectores intestinales tiene que ver con la diferencia del diámetro luminal entre ambos (Mullen et al., 2020b; Williams, 2010).

1.3.1. Fisiopatología de la obstrucción intestinal

A groso modo, los signos clínicos de una obstrucción intestinal por CE componen la manifestación clínica de los síndromes de malabsorción y maldigestión (Radlinsky, 2013). La localización y el grado de la obstrucción (Ford & Mazzaferro, 2007), el tamaño del CE (German, 2005) y la posibilidad de presentar una perforación intestinal en la zona condicionan el tipo de cuadro clínico que puede presentar el animal afectado (Ford & Mazzaferro, 2007).

Con el progreso de este tipo de obstrucciones puede desencadenarse desde las más leves alteraciones en la función intestinal, hasta llegar a provocar una respuesta inflamatoria sistémica, sepsis y un fallo multiorgánico, que puede poner en compromiso la vida del paciente (Mullen et al., 2020b). Los casos más graves suelen ocurrir en obstrucciones completas cuando el problema es continuo y agudo. Las obstrucciones parciales presentan una sintomatología intermitente y de menor gravedad (Ford & Mazzaferro, 2007).

El CE impide el paso de la comida ingerida posteriormente (Mullen et al., 2020b). Dependiendo del grado de obstrucción, varía la disminución del paso del fluido y el gas por el tracto digestivo. Conforme se acumula contenido en la parte proximal a la obstrucción también aumenta la presión intraluminal (provocando distensión intestinal). Además, el CE puede ejercer presión sobre la pared intestinal por sí solo. Conforme pasa el tiempo, acaba desencadenándose un compromiso vascular (Radlinsky, 2013), isquemia (Ford & Mazzaferro, 2007) y necrosis, y una perforación de la pared intestinal (hallazgo más común en CE lineales) (German, 2005).

Debido a la disminución del tránsito intestinal (hasta llegar al estasis intestinal), se va formando un sobrecrecimiento bacteriano en el lumen. Con un deterioro de la barrera mucosa, y viéndose aumentada la permeabilidad, las bacterias y sus toxinas pueden migrar a través de la pared (Radlinsky, 2013) y llegar a desencadenar una peritonitis y/o septicemia (German, 2005).

A nivel sistémico, el animal irá experimentando una deshidratación y un desequilibrio electrolítico y ácido-base, por los vómitos y la pérdida intestinal de fluidos (Mullen et al., 2020b). Conforme avance en el tiempo, puede producirse un shock hipovolémico (Cimino Brown, 2010).

El plan diagnóstico está comprendido por una serie de pruebas laboratoriales y de imagen. Como último recurso confirmatorio, la laparotomía exploratoria ayuda a obtener una visualización más certera del problema y las complicaciones que está experimentando el organismo (Willard, 2014).

1.3.2. Tratamiento de la obstrucción intestinal

Como norma general, el tratamiento indicado para estas obstrucciones es quirúrgico (Ford & Mazzaferro, 2007). Los abordajes quirúrgicos más frecuentes son la enterotomía o la enterectomía, dependiendo del estado de los tejidos de interés (Mullen et al., 2020b).

La intervención se debe llevar a cabo lo antes posible, puesto que existe un mayor riesgo a sufrir una perforación intestinal conforme avanza el tiempo desde que se ha empezado a producir la obstrucción (Ford & Mazzaferro, 2007; Maxwell et al., 2021). Por eso es importante la detección del problema y estabilización precoz (Ford & Mazzaferro, 2007). Si no se resuelve la obstrucción, los animales pueden morir en cuestión de horas o días, según la gravedad del cuadro clínico (Radlinsky, 2013).

La primera opción para la extracción del CE es la enterotomía, excepto en casos en que el intestino esté perforado o experimente necrosis, en cuyo caso la mejor decisión es realizar una enterectomía (Radlinsky, 2013). Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta segunda técnica puede suponer un aumento del riesgo de problemas secundarios: el síndrome de intestino corto, la constricción en la luz del segmento anastomosado, una mayor probabilidad de fugas anastomóticas y la persistencia de tejido desvitalizado sin reseccionar (Mullen et al., 2020b).

Se ha visto una tasa de dehiscencias > 28% en casos de CEs intervenidos con una R&A. Esto supone un coste mayor en el tratamiento por necesitar una segunda intervención correctiva y una tasa de mortalidad postoperatoria de hasta el 85% (Mullen et al., 2020b; Ralphs et al., 2003; Volk, 2014).

El daño mecánico en las paredes intestinales y el compromiso de la perfusión del segmento están relacionados con problemas a nivel local y sistémico, justificando lo anterior (Mullen et al., 2020b). A esto se le suma que la evaluación tradicional de la viabilidad de estos tejidos puede proporcionar resultados engañosos (Mullen et al., 2020b; Urbanavičius et al., 2011).

1.4. Evaluación de la viabilidad del tejido intestinal

La evaluación de la viabilidad de los tejidos es importante para poder plantear la mejor técnica quirúrgica en las intervenciones intestinales (Mullen et al., 2020b; Urbanavičius et al., 2011). En este sentido, parece esencial valorar cualquier alteración en la perfusión, porque es uno de los factores que puede repercutir en las posibles complicaciones postoperatorias (Urbanavičius et al., 2011). Todo esto tiene una especial relevancia en obstrucciones por CE, ya que, a parte del daño en la pared intestinal, en la zona afectada se suele desarrollar un compromiso vascular (Maxwell et al., 2021; Mullen et al., 2020b). Por eso mismo, muchas de las técnicas de valoración de la viabilidad intestinal se basan en la comprobación de la perfusión de la zona (Urbanavičius et al., 2011).

Todavía en la actualidad, la determinación de la viabilidad intestinal se suele realizar de manera subjetiva y, por tanto, depende mayoritariamente de la experiencia del cirujano (Mullen et al., 2020b; Urbanavičius et al., 2011). Los parámetros que se suelen valorar son el color, el peristaltismo del segmento afectado (Ellison, 2011), el pulso arterial del mesenterio (Ellison et al., 2019) y el sangrado al incidir (Jafari et al., 2013).

Debido a esta subjetividad, es difícil discernir de manera clara entre las zonas sanas y las dañadas, y se puede reseccionar una cantidad insuficiente de tejido desvitalizado o excederse y eliminar parte del sano, lo que podría provocar una serie de complicaciones (Liot et al., 2018; Mullen et al., 2020b).

Se está investigando otras técnicas alternativas más precisas, como pueden ser las angiografías por métodos con fluoresceína e ICG, buscando la disminución del riesgo de complicaciones postquirúrgicas relacionadas (Mullen et al., 2020b).

1.5. Complicaciones postquirúrgicas – dehiscencias de sutura

Las dehiscencias de sutura en el tejido intestinal van a suponer el desarrollo de una peritonitis bacteriana en el paciente y un aumento marcado del riesgo de muerte (Ellison, 2011).

Existen múltiples factores relacionados con la formación de esta complicación primaria (Mullen et al., 2020a). Dichos factores se pueden clasificar según el origen del problema: la fisiología de cada especie y las situaciones individuales de cada animal, así como las decisiones y técnicas quirúrgicas que se emplean para resolver las alteraciones patológicas del tracto intestinal (Ellison, 2011).

En general, un gran condicionante de las complicaciones postquirúrgicas es la etiología del proceso patológico por el que se ha intervenido (Ellison, 2011). Se ha descrito que pacientes que

cumplan con alguna de las siguientes condiciones en el periodo prequirúrgico van a tener más probabilidad de desarrollar fugas en el postoperatorio: la presencia de peritonitis previa, un CE en el tracto gastrointestinal, una concentración de la albumina plasmática ≤ 2.5 g/dL (Ralphs et al., 2003) o una hipotensión (Grimes et al., 2011).

Los factores quirúrgicos también tienen un gran papel en la formación de las dehiscencias, y la adecuada combinación de técnicas quirúrgicas para cada caso puede evitarlas. Ejemplos de este tipo de factores son la capacidad de identificar y reseccionar el tejido desvitalizado por completo, la técnica de cierre intestinal y el material utilizado, y la omentalización intestinal como refuerzo de la sutura (Ellison, 2011; Ellison et al., 2019; Mullen et al., 2020a).

Como se ha mencionado antes, puede ser difícil diferenciar los límites de la extensión de este tejido isquémico a simple vista con exactitud (Mullen et al., 2020b). La consecuencia de la detección de insuficiente tejido dañado conlleva una incapacidad de cicatrización de la zona, ya que éste acaba necrosándose (Diana et al., 2014), creando dehiscencias de sutura y fugas del contenido intestinal (Jafari et al., 2013).

La fase de cicatrización intestinal más delicada es la inflamatoria y el verdadero riesgo a producirse dehiscencias se concentra entre las 72-96 horas desde el inicio del proceso (Williams, 2010). Esto se debe a la abrupta disminución de la fuerza del tejido circundante a la sutura hasta llegar al 15 % al final de dicha fase (Jönsson et al., 1983) por la lisis de fibrina y colágeno (Radlinsky, 2013). Por lo tanto, la fuerza restante tiene que otorgarla el material usado para el cierre intestinal (Mullen et al., 2020a).

1.6. Hipótesis del estudio

El uso del ICG en la técnica NIRF permite el marcaje de los tejidos desvitalizados intestinales de manera objetiva y eficaz, y es un método más preciso que la técnica tradicional. Además, con la técnica NIRF se reduce el riesgo de desarrollar dehiscencias postoperatorias.

2. Objetivos del estudio

El objetivo de este estudio es comprobar si utilizando el ICG se puede valorar de manera más fiable la perfusión del tejido intestinal en obstrucciones intestinales por CE, para poder diferenciar el tejido sano del que experimenta isquemia o necrosis.

Para ello, se busca comparar la longitud de los bordes medidos con la evaluación tradicional para reseccionar con los de la técnica NIRF. Este método debería ayudar al cirujano a tomar decisiones en cuánto al tejido a reseccionar de manera más objetiva que la técnica tradicional.

Además, se busca analizar su utilidad como herramienta para corregir los bordes una vez realizada la R&A, y revisar si dicha anastomosis es viable.

La función de todo lo anterior es poder asegurar que la zona en la que se realiza la anastomosis contiene únicamente tejido sano, pudiendo prevenir, en la medida de lo posible, la formación de dehiscencias de sutura y fugas anastomóticas.

3. Material y métodos

3.1. Protocolo del estudio

3.1.1. Nº de la población del estudio

En el presente estudio clínico se incluyeron de manera prospectiva todos los animales que se presentaron en el Hospital Veterinario UCV con los criterios de inclusión descritos, durante un periodo de tiempo comprendido entre las fechas del 10 de febrero de 2021 y el 1 de junio de 2021.

3.1.2. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios que debían cumplir los pacientes para entrar en el estudio eran los siguientes: animales de especie canina o felina diagnosticados de obstrucción intestinal por CE, a los que se les realizó una laparotomía exploratoria y una enterotomía o enterectomía.

Se descartaron animales con alergia al ICG, yodo o colorantes de yodo, tanto si estaba diagnosticada como si se sospecha de ello.

3.1.3. Preparación del inyectable y procedimiento intraoperatorio

Antes de empezar la intervención, se preparó una solución de ICG a una concentración de 2,5 mg/ml. Para ello, se diluyó 25 mg de polvo de ICG (Fig. 1) en 10 mL (Fig. 2) de agua de inyección estéril. El soluto de ICG que se utilizó en el estudio consistía en una fórmula magistral que se consiguió a través de la empresa *FARMACIA LUIS CORBÍ®* (C/ Ruzafa 48, 46006, Valencia, España) (Fig. 1).



Fig. 1. Vial liofilizado de ICG (25mg). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.



Fig. 2. Ampolla de agua de inyección (10 mL). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

Una vez dentro de quirófano, se siguió el siguiente diagrama (Fig. 3): se realizó una laparotomía exploratoria en todos los animales y se localizó el segmento intestinal que presentaba la obstrucción. A continuación, se llevó a cabo la técnica tradicional y técnica NIRF con ICG para determinar el estado de los tejidos implicados en la obstrucción, y evaluar con esto los márgenes a resecar.

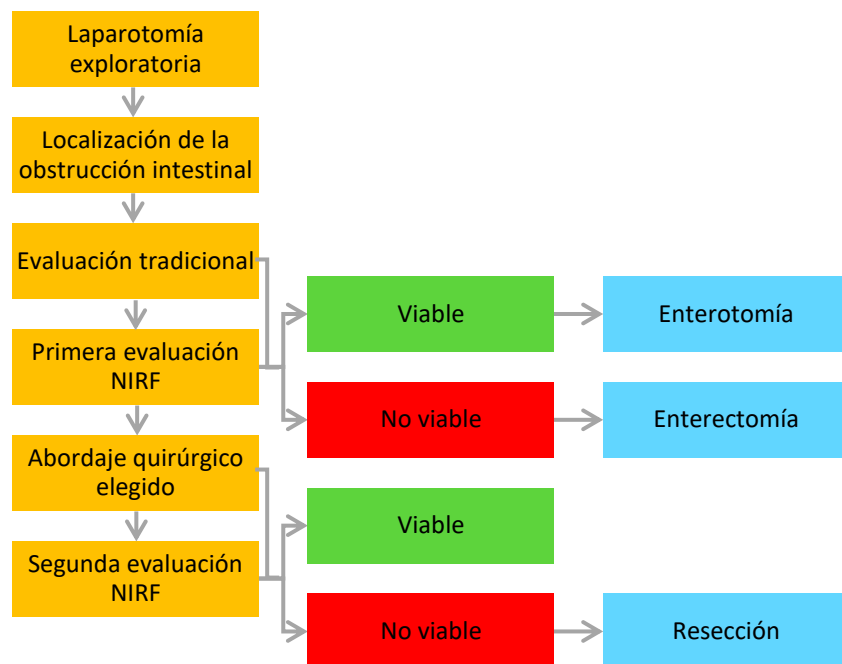


Fig. 3. Diagrama del procedimiento quirúrgico del estudio {Fuente: elaboración propia}.

En primer lugar, se evaluaron los posibles márgenes de la manera tradicional, bajo la luz blanca de los focos de quirófano. La técnica tradicional consistía en la evaluación subjetiva del cirujano de parámetros como el color de la sección de intestino, la palpación del pulso arterial mesentérico, la textura de la pared, la presencia de peristalsis, el tiempo de relleno capilar (TRC) y la presencia de sangrado al realizar una incisión en el tejido.

A continuación, se marcó la zona de transición entre el tejido desvitalizado y el sano de cada extremo con rotulador, y se midió la longitud del tramo con regla. También se midió y se marcó la longitud total a resecionar según la vascularización del tramo intestinal.

Posteriormente, se realizó la evaluación con la técnica NIRF. Para ello, se administró un bolo de 0,2 - 0,5 mg/kg de ICG vía intravenosa, a través de un catéter localizado en una de las venas cefálicas del paciente, y se observó la zona de interés bajo la luz NIR.

Con la técnica NIRF se valoraron también los márgenes para la resección. Se midió y marcó la zona desvitalizada. También se midió y marcó la longitud total a resecionar, según la vascularización del tramo intestinal.

Según las observaciones de ambas evaluaciones, se decidió realizar una enterotomía o una enterectomía, basándose siempre en los márgenes más amplios medidos entre las dos técnicas de evaluación.

Tras la enterotomía o enterectomía, se inyectó otro bolo de ICG intravenoso de 0,2 – 0,5 mg/kg y se observó la línea de sutura bajo la luz NIR. Con esta nueva dosis se evaluó la perfusión de la línea de sutura y del tejido de la zona circundante. En caso de obtener un resultado desfavorable del tejido, se tenía que resecionar el tejido desvitalizado que indicase la técnica.

Toda la información se registró en una ficha individual (ANEXO 1). También se realizaron fotografías de cada medición tomada con ambas técnicas para ser evaluadas posteriormente.

3.1.4. Descripción del dispositivo de evaluación de la fluorescencia y manejo básico

En este estudio se utilizó un equipo de endoscopia de la marca *KARL STORZ-ENDOSKOPE*® (Tuttingen, Alemania), que consistía en una torre de laparoscopia (*IMAGEN1 H3-Z FI, KARL STORZ-ENDOSKOPE, Tuttingen, Alemania; IMAGE1 S HD Camera control Unit SCB, KARL STORZ-ENDOSKOPE, Tuttingen, Alemania; Cold Light Fountain D-light P, KARL STORZ-ENDOSKOPE, Tuttingen, Alemania*) (Fig. 4), con una óptica de 30° adaptada con un filtro para trabajar con luz blanca y con luz NIR para ICG (*HOPKINS® Forward-Oblique Telescope 30° 5 mm/29cm, KARL STORZ-ENDOSKOPE, Tuttingen, Alemania*). El cable de luz era de fibra óptica.



Fig. 4. Torre de laparoscopia KARL STORZ – ENDOSKOPE®. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

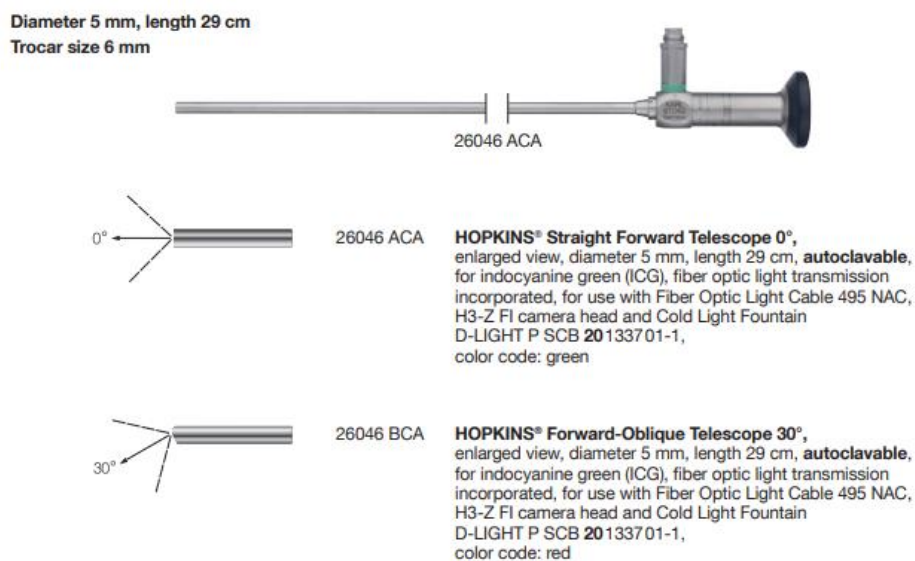


Fig. 5. Óptica de punta oblicua de 30° HOPKINS® de KARL STORZ-ENDOSKOPE ® [Fuente: (Piščík & Kovalenko, 2018)].

Este sistema permitía almacenar imágenes y vídeos, que se podían tomar por el cirujano a través del cabezal de la cámara o a través de un asistente no estéril presionando un botón en la torre. En este estudio las imágenes las obtuvo un asistente no estéril desde la torre.

Era imprescindible comprobar que todos los focos de luz del quirófano se encontrasen apagados antes de empezar con la evaluación NIRF, porque estas luces podían interferir con la fluorescencia que tenía que captar la cámara.

Para empezar con las imágenes de la evaluación tradicional se tuvo que seleccionar el modo de luz blanca de la cámara en el sistema y ajustar el balance de blancos. Una vez calibrada la cámara, se enfocó el segmento intestinal de interés y se tomaron las fotografías necesarias que dejaban constancia de lo que se había observado en la evaluación tradicional.

La nitidez de la imagen se fue ajustando con la modificación de la distancia de la punta de la óptica cada vez que se usó la cámara.

El siguiente paso fue la inyección del ICG. Se enfocó la zona de nuevo tras administrar el bolo, esta vez cambiando al modo de luz NIR desde el sistema.

4. Resultados

4.1. CASO 1

Se presenta en el hospital un perro macho castrado, bichón maltés, de 9 años y 5,1 kg, cuyo motivo de consulta era una apatía de una semana de evolución. Había acudido previamente a su clínica habitual por vómitos y anorexia. Se le pautó un tratamiento sintomático tras diagnosticar la presencia de un CE intestinal por radiografía y ecografía.

En nuestro hospital, se repitió la ecografía abdominal, confirmando la presencia de un CE en la parte proximal del intestino delgado, asas llenas de gas y reacción peritoneal. Se procedió a realizar una laparotomía exploratoria.

4.1.1. Primera intervención quirúrgica

En la laparotomía exploratoria se observó un mínimo contenido de líquido libre en la cavidad abdominal y una úlcera de espesor completo en el duodeno distal (Fig. 6). El CE lineal se localizó en duodeno también. Ese líquido libre se analizó y se detectó una peritonitis séptica.

a) Evaluación tradicional

En este caso se observó un color cianótico en la serosa del tramo afectado, con una pared de aspecto liso y húmedo (Fig. 6), ausencia de peristaltismo, presencia de pulso mesentérico a la palpación y un TRC < 2 segundos durante la evaluación tradicional. Al incidir sobre el tejido se produjo sangrado.

Dado los valores obtenidos en la evaluación tradicional y la presencia de una úlcera perforada en el segmento obstruido, se marcó un tramo de 3,5 cm de longitud no viable (Fig. 6). El tramo total que se consideró reseccionar era de unos 13 cm de longitud (Fig. 7).

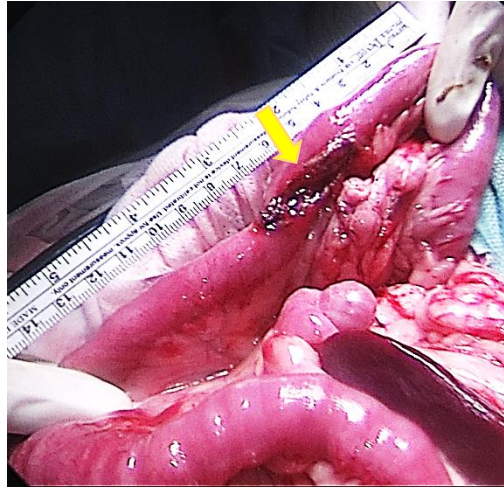


Fig. 6. Imagen del segmento duodenal dañado bajo luz blanca, tomada en el momento de la medición de la longitud de tejido intestinal considerado no viable con la técnica tradicional. Muestra la úlcera perforada (flecha amarilla). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.



Fig. 7. Imagen del segmento duodenal dañado bajo luz blanca. Está tomada en el momento del marcaje y medición de la longitud del tramo que se va a resecionar, teniendo en cuenta los resultados de la técnica tradicional y la vascularización del segmento intestinal. Muestra la úlcera perforada (flecha amarilla). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

b) Primera evaluación NIRF

Se administró vía intravenosa 1 mL de ICG (0.5 mg/kg). El tejido intestinal empezó a iluminarse pasados 10 segundos desde la inyección de ICG.

Con la técnica NIRF se observó como todo el tracto intestinal se iluminaba con una alta intensidad, incluido el tramo afectado por la úlcera de espesor completo (Fig. 8). En teoría, esto se asociaría con un tejido viable.

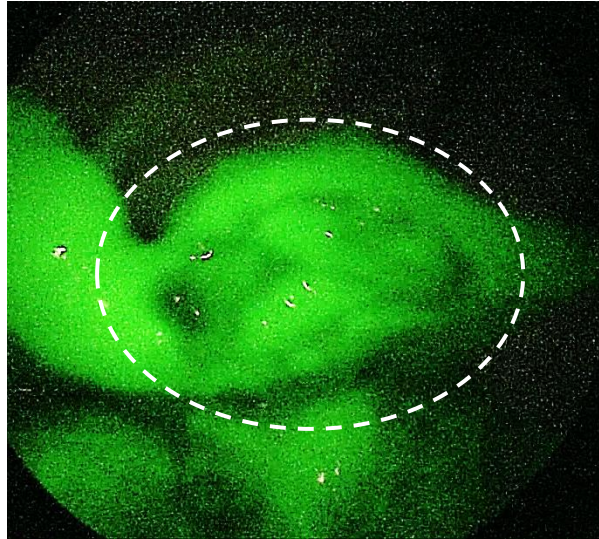


Fig. 8. Imagen del segmento duodenal tras la inyección de ICG y bajo la luz NIR. La zona de la úlcera perforada se encuentra hiperfluorescente (círculo blanco discontinuo). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

c) Abordaje quirúrgico

A pesar de este resultado supuestamente favorable con la técnica NIRF, se decidió realizar una enterectomía, debido a la presencia de la úlcera de espesor completo. Se fijó la resección de un tramo de 13 cm en total (Fig. 7), y el CE extraído consistía en un tejido textil con la apariencia de una media-caletín.

Se llevó a cabo la anastomosis de los extremos sanos mediante un patrón de sutura continuo (Fig. 9), utilizando un material de sutura reabsorbible, de polidioxanona (MonoPlus®), de un tamaño de 4/0 y con una aguja de punta redonda. Este material de sutura se utilizó en todos los casos del estudio, y el patrón en la mayoría de ellos.

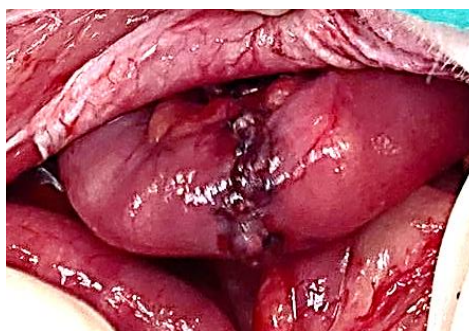


Fig. 9. Imagen de la anastomosis intestinal bajo luz blanca. No se aprecia ninguna alteración en la zona. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

d) Segunda evaluación NIRF

No se pudo inyectar una segunda dosis intravenosa de ICG para comprobar el tejido implicado en la zona de sutura porque, al enfocar con el haz de luz NIR de la óptica, todo el tejido seguía iluminado por la dosis anterior con una gran intensidad (Fig. 10).

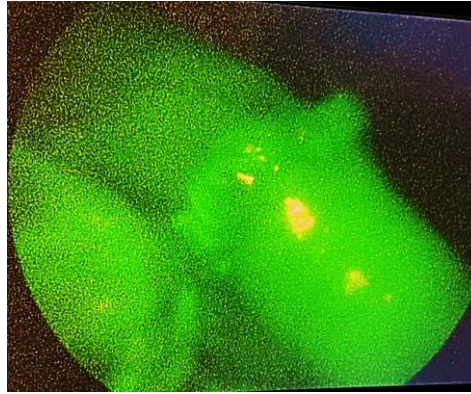


Fig. 10. Imagen de la anastomosis intestinal (flecha blanca) bajo la luz NIR. No se ha inyectado otro bolo de ICG. La fluorescencia que se aprecia proviene del primer bolo de ICG. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

Aunque no se pudo recopilar información de la segunda evaluación NIRF, no se vio oportuno re-reseccionar el tejido en aquel momento.

4.1.2. Evolución postquirúrgica de la primera intervención

El perro empezó a desarrollar signos clínicos compatibles con sepsis el día siguiente de la intervención, y se sospechó de una fuga de la anastomosis por una dehiscencia de sutura y de una peritonitis séptica. Se realizó una ecografía abdominal y se observó una alta reactividad del peritoneo, líquido libre, las asas intestinales corrugadas y con motilidad; la zona de la enterectomía no presentaba alteraciones.

Se extrajo una muestra del líquido libre y se observó al microscopio. En la muestra se hallaron bacilos extracelulares.

Por todo ello, se planteó reintervenir al animal.

4.1.3. Segunda intervención quirúrgica

Se realizó una segunda laparotomía exploratoria y se encontró abundante líquido libre en la cavidad abdominal y una fuga intestinal asociada a una dehiscencia de sutura en la cara mesentérica del duodeno.

No se llegó a efectuar las evaluaciones del tejido con la técnica NIRF en esta ocasión. A través de la evaluación tradicional se creyó conveniente ejecutar una nueva enterectomía, eliminando un segmento de 1,5 cm de longitud aproximadamente.

El procedimiento de la anastomosis fue del mismo modo que el anterior. Para reforzar la zona de cicatrización se aplicó PRP en la región mesentérica por infiltración y gel de PRP en la zona de la anastomosis, junto a una omentalización de la región de la anastomosis.

Para finalizar, se colocó un drenaje abdominal del tipo Jackson Pratt.

4.1.4. Evolución postquirúrgica de la segunda intervención

En el segundo periodo postoperatorio el perro experimentó problemas de motilidad gastrointestinal y regurgitaciones, así como complicaciones a nivel cardiorrespiratorio y hepático.

Tras darle el alta, el perro acudió en varias ocasiones al hospital y a su clínica habitual por síntomas como decaimiento, fiebre, náuseas, regurgitaciones/vómitos y dolor abdominal. La sintomatología no acababa de mejorar a pesar de pautar diferentes tratamientos farmacológicos en base a las pruebas que se fueron realizando.

Durante una de sus estancias en nuestro centro, se empezó a sospechar de una alteración hepática o pancreática debido a un aumento de la GGT y la bilirrubina en una analítica de control. Se cambió el tratamiento farmacológico pautado de nuevo.

Finalmente, durante su última estancia en nuestro hospital se decidió practicar una eutanasia humanitaria por el empeoramiento de su estado y un pronóstico reservado.

4.2. CASO 2

Se presenta una hembra felina esterilizada, común europea de pelo corto, de 3 años y 3,2 kg. El motivo de la consulta era una evolución de dos semanas de vómitos. Remitida a nuestro hospital por otro centro. Había tenido varios episodios de vómitos recientemente.

En la ecografía abdominal se evidenció un CE cerca de la válvula ileocecal, junto a un engrosamiento marcado de la pared desde el íleon hasta la porción proximal del colon y pérdida de la diferenciación de sus capas. También se realizó una gastroscopia y una colonoscopia, donde se vio una estenosis grave en colón, aproximadamente 15 cm craneal al recto, con una mucosa irregular. Se cogieron muestras de estómago y colon por las dos técnicas de endoscopia.

4.2.1. Primera intervención quirúrgica

Se realizó una laparotomía exploratoria. Se localizó un CE a la altura del ciego y una estenosis en el colon ascendente proximal (Fig. 11). La estenosis se interpretó como la causa de la obstrucción, y el CE como secundario a ésta. También se encontró un foco pequeño de tejido necrosado en la grasa falciforme (hallazgo accidental). No se encontró ninguna evidencia de líquido libre.

a) Evaluación tradicional

Los tejidos implicados en la estenosis y el CE se sometieron a la evaluación de la viabilidad tradicional. Se obtuvieron los siguientes resultados: el color de la serosa de un tono rosado, la

textura de la pared lisa y húmeda (Fig. 11), un TRC < 2 segundos, un peristaltismo notable y sangrado en la zona en que se procedió a la incisión para biopsia.

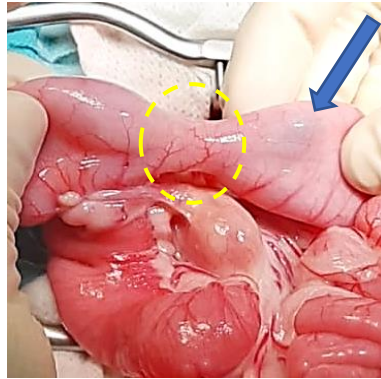


Fig. 11. Imagen de la estenosis colónica (círculo amarillo discontinuo) bajo luz blanca, tomada después de haber pasado el CE a través de la estenosis de manera manual. Se puede observar el CE (flecha azul), distal a la estenosis colónica. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

En esta ocasión, el tejido de ambas zonas se consideró viable al usar la técnica tradicional.

b) Primera evaluación NIRF

La primera evaluación con la técnica NIRF no se pudo llevar a cabo por los problemas técnicos que se tuvo con el equipo en dicho momento.

c) Abordaje quirúrgico

Dado el óptimo estado del tejido de la estenosis y de la zona donde se encontraba el CE, se mantuvo el plan quirúrgico planteado en un principio: facilitar la extracción del CE de manera manual, forzando el paso a través de la estenosis. Se trataba de un hueso pequeño de fruta.

Además, se colectaron biopsias de duodeno, yeyuno e íleon, nódulos linfáticos mesentéricos y el tejido necrótico para analizar en el laboratorio.

Se cerró la incisión con el patrón y material mencionado en el caso anterior (Fig. 12).



Fig.12. Imagen de la línea de sutura de una de las biopsias intestinales bajo luz blanca. No se aprecia ninguna alteración en la zona. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

d) Segunda evaluación NIRF

Para terminar, se administró por una vía intravenosa una dosis de 0,27 mL de ICG (0,2 mg/kg) y se esperó 10 segundos a ver la fluorescencia. Todo el tejido involucrado en la sutura estaba iluminado por el ICG (Fig. 13), confirmando que era viable.

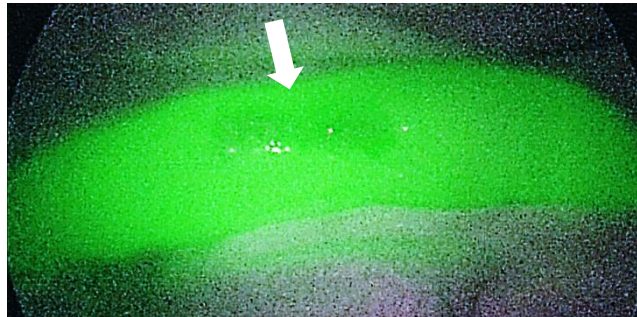


Fig. 13. Imagen de la línea de sutura de la biopsia intestinal de la Fig. 12 (flecha blanca) tras el bolo de ICG y bajo la luz NIR. Todo el tejido emite fluorescencia de manera correcta. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

Con la técnica NIRF se comprobó también el estado de la perfusión de la zona de la estenosis colónica, cuyo resultado fue satisfactorio. Todo el tejido emitió fluorescencia (Fig. 14), así que no había un compromiso vascular.

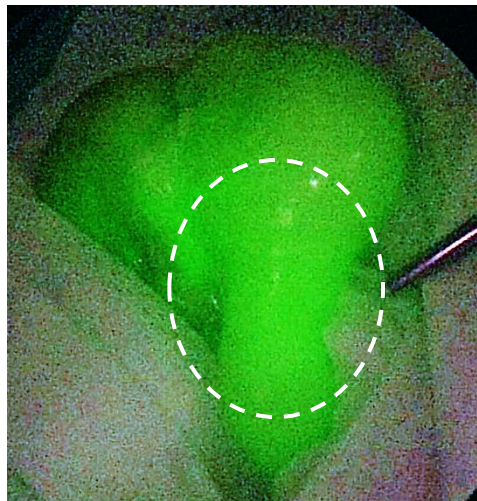


Fig. 14. Imagen de la estenosis colónica (círculo blanco discontinuo) tras el bolo de ICG y bajo la luz NIR. Se ilumina sin problema. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

4.2.2. Evolución postquirúrgica de la primera intervención

Después del alta hospitalaria, la gata se presentó regularmente para realizarle ecografías abdominales de control. Se observó que la distensión de las asas intestinales mejoraba progresivamente.

Se realizó un estudio histopatológico de las muestras intestinales, cuyos resultados fueron compatibles con una enfermedad intestinal inflamatoria crónica (posible IBD). Esta patología subyacente condicionaba la recuperación de la funcionalidad intestinal.

La misma gata volvió al cabo de un mes. Pesaba 1,8 kg. El motivo de la consulta eran 2 vómitos en los 2 días previos, ambos 6 horas después de la última comida. Uno de los vómitos se consideró preocupante por su intensidad. La sintomatología había mejorado con el tratamiento inmunosupresor hasta dicho momento.

En la ecografía abdominal se observó un posible CE lineal yeyunal y corrugación de este segmento, reactividad peritoneal y moderado líquido libre.

4.2.3. Segunda intervención quirúrgica

En la laparotomía exploratoria se observó un pequeño volumen de líquido libre en la cavidad abdominal y varias asas del intestino delgado corrugadas, comenzando en la flexura duodenal y terminando en el íleon (Fig. 15). Además, este tramo estaba encapsulado por una capa fina de fibrina (Fig. 17) y presentaba múltiples zonas con nodulaciones adheridas. El segmento presentaba linfangiectasia.

Ni en la palpación del intestino ni al incidir y explorar en el interior del yeyuno se consiguió localizar el supuesto CE, con lo cual, se descartó su presencia.

El estado de la estenosis colónica había mejorado respecto a la última vez.

a) Evaluación tradicional

En la evaluación tradicional se consideró que todo el sector corrugado tenía un color rosado, una pared lisa y húmeda (Fig. 15), con el pulso mesentérico presente, un TRC < 2 segundos y peristaltismo evidente. Cuando se llevó a cabo la incisión sobre el tejido yeyunal para proceder a la exploración intraluminal se observó que sangraba.



Fig. 15. Imagen de las asas intestinales del intestino delgado corrugadas bajo luz blanca. Salvo por la corrugación, parecen encontrarse adecuadamente a simple vista. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

Se consideró que el tramo de intestino corrugado era viable.

b) Primera evaluación NIRF

Se inyectó la solución de ICG. La dosis intravenosa necesaria fue de 0.14 mL (0,2 mg/kg). Fueron necesarios 10 – 14 segundos antes de poder ver una fluorescencia clara en todo el segmento.

Con la técnica NIRF se observó fluorescencia en todo el tramo comprometido sin problema (Fig. 16). De este modo, se consideró que el tejido tenía una buena perfusión.

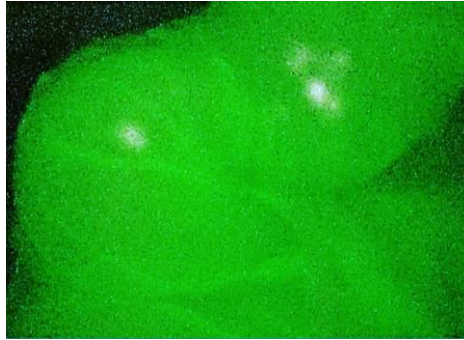


Fig. 66. Imagen de una de las asas intestinales corrugadas tras el primer bolo de ICG y bajo la luz NIR. Se ilumina de forma clara, sin mostrar ninguna alteración. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

c) Abordaje quirúrgico

Se cerró la incisión intestinal de la enterotomía antes de empezar a manipular el intestino para los abordajes siguientes. Se realizó del mismo modo que la vez anterior.

Tras comprobar la ausencia de un CE y plantear la teoría de que la causa de la evolución del cuadro clínico fuera la plicatura y el encapsulamiento del segmento, se optó por la disección de la capa de fibrina (Fig. 17), ya que comprometía la función del segmento.

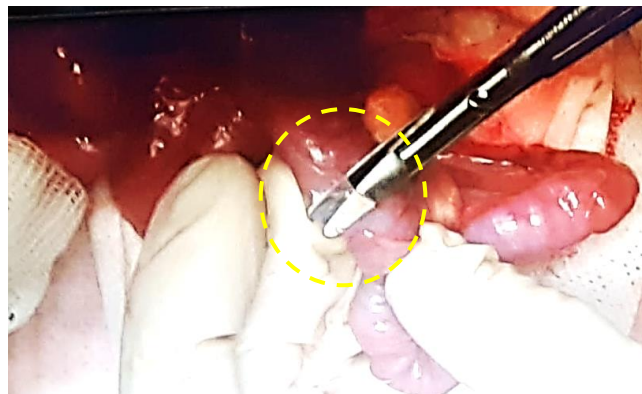


Fig. 17. Imagen del momento de la disección de la capa de fibrina que encapsula las asas intestinales (círculo amarillo discontinuo). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

También se decidió tomar muestras del tejido de la zona donde se había llevado a cabo la enterotomía (yeyuno) (Fig. 18), de la capa fibrinosa disecada y de un nódulo linfático mesentérico.



Fig. 18. Imagen de la línea de sutura de la biopsia intestinal bajo luz blanca. Presenta una apariencia correcta. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

Para terminar, se quiso aliviar más la estenosis colónica con una dilatación con balón.

d) Segunda evaluación NIRF

Para la segunda evaluación con la técnica NIRF se volvió a inyectar vía intravenosa una dosis de 0,14 mL de ICG (0,2 mg/kg) y se esperó un periodo de 15-20 segundos aproximadamente.

Con esta evaluación se comprobó que la zona de la línea de sutura de la enterotomía contenía tejido viable, ya que se iluminó con normalidad (Fig. 19).

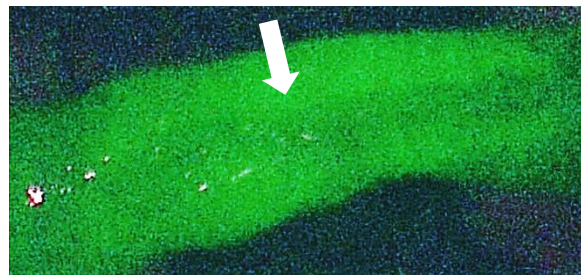


Fig. 19. Imagen de la línea de sutura de la biopsia intestinal de la Fig. 18 (flecha blanca) tras el segundo bolo de ICG y bajo la luz NIR. El tejido presenta una óptima fluorescencia. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

Igualmente, se quiso comprobar de nuevo el estado del tejido de las asas corrugadas, en las que se pudo apreciar una clara iluminación de los tejidos (Fig. 20).

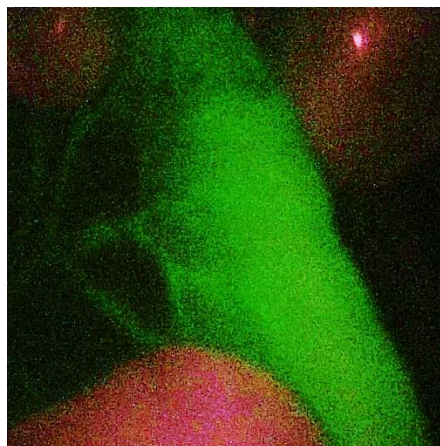


Fig. 20. Imagen de una de las asas corrugadas después de ser liberada de la capa de fibrina. Está tomada tras el bolo de ICG y bajo la luz NIR. Presenta una iluminación clara de la zona. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

4.2.4. Evolución postquirúrgica de la segunda intervención

La gata continuó presentando signos clínicos compatibles con un compromiso del tránsito gastrointestinal después de la segunda cirugía.

Finalmente, los propietarios tomaron la decisión de la eutanasia humanitaria dos días después de la intervención quirúrgica. Esto se decidió porque volvieron a producirse vómitos intensos, junto a una estasis gastrointestinal, y no se vio una mejoría en el animal a pesar de estar siguiendo un tratamiento adecuado para la enfermedad.

4.3. CASO 3

Se presenta un macho felino común europeo de pelo corto, castrado, de 1 año y 3,87 kg, con un historial de episodios de gastritis con vómitos por bolas de pelo o ansiedad por la comida. El motivo de consulta era la persistencia de vómitos durante 4 días. También se sospechaba de estreñimiento y apatía. En su clínica habitual se diagnosticó la presencia de un CE en estómago por ecografía abdominal y se le pautó un tratamiento sintomático, pero no remitieron los vómitos.

En nuestro hospital se realizó un nuevo estudio ecográfico abdominal donde se observó un CE de 2 cm de longitud en yeyuno, un grosor de la pared intestinal $< 1\text{mm}$ en el segmento afectado y el estómago lleno de gas. Además, había cambios patológicos en las vías biliares.

4.3.1. Intervención quirúrgica

Se realizó una laparotomía exploratoria y se confirmó la presencia de un CE en el yeyuno (Fig. 21). El estómago estaba vacío en ese momento y no se encontró líquido libre.

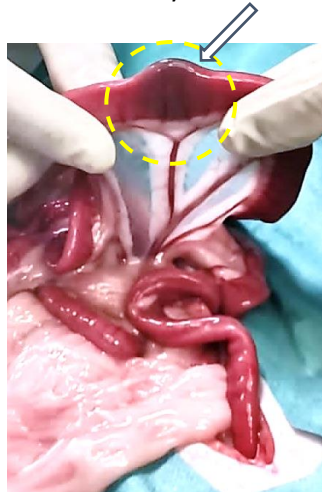


Fig. 21. Imagen del CE (círculo amarillo discontinuo) en yeyuno bajo luz blanca. Se puede ver como el CE está comprometiendo más el tejido de la zona antimesentérica (flecha blanca). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

a) Evaluación tradicional

Se empezó con la evaluación tradicional del tejido afectado. Se vio que el tejido presentaba un color rosado, una textura de la pared lisa y húmeda (Fig. 21 y 23), peristaltismo, un TRC < 2 segundos y un pulso mesentérico normal a la palpación.

Sin embargo, la serosa del lado antimesentérico donde se encontraba el CE se mostraba más fina y con una mayor transparencia (Fig. 21 y 22). Al incidir sobre la zona no se observó sangrado.

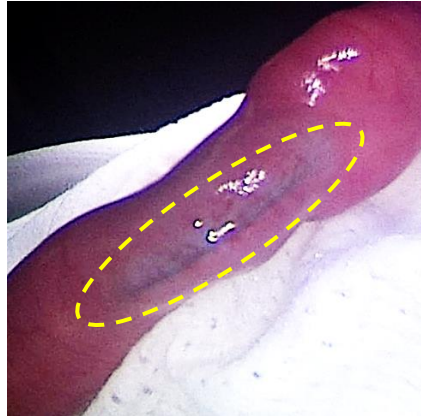


Fig. 22. Imagen del lado antimesentérico del tejido yeyunal afectado por el CE bajo luz blanca. Muestra una serosa más fina y con mayor transparencia (círculo amarillo discontinuo) {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

Debido a este último hallazgo, se decidió que la longitud del tramo intestinal desvitalizado era de 1,5 cm y se marcaron 5 cm para resecionar (Fig. 23).

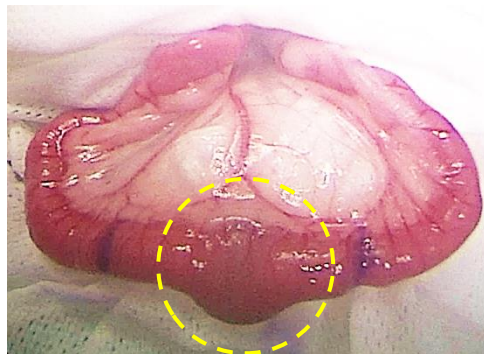


Fig. 23. Imagen del segmento yeyunal afectado bajo luz blanca, tomada en el momento del marcaje de los bordes intestinales a resecionar en base a los resultados de la evaluación tradicional. Se puede observar el CE (círculo amarillo discontinuo). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

b) Primera evaluación NIRE

Se inyectó una dosis de 0,3 mL de ICG (0,2 mg/kg) vía intravenosa, tras lo cual se tuvo que esperar unos 10 segundos para poder empezar a ver la zona de interés iluminada.

Coincidiendo con la técnica anterior, el tejido circundante al CE se encontraba en buen estado, ya que se iluminó por completo, pero la zona que estaba en contacto directo con éste empezaba

a verse comprometida (Fig. 24 y 25). La zona donde parecía que hubiese una disminución del grosor de la pared no se iluminó con la técnica NIRF (Fig. 25).

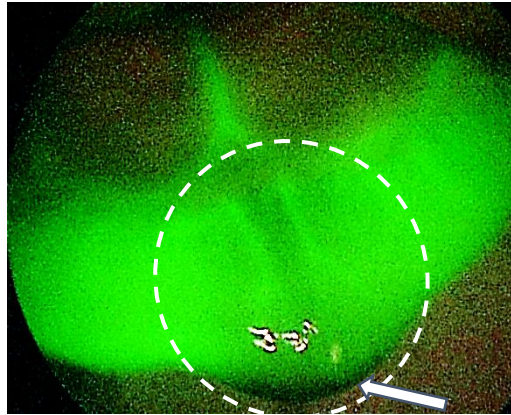


Fig. 24. Imagen del segmento yeyunal obstruido por el CE tras el bolo de ICG y bajo la luz NIR. Se puede apreciar la iluminación del tejido circundante al CE, a excepción de un foco oscuro en el lado antimesentérico (flecha blanca) localizado justo donde se encuentra el CE (círculo blanco discontinuo). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

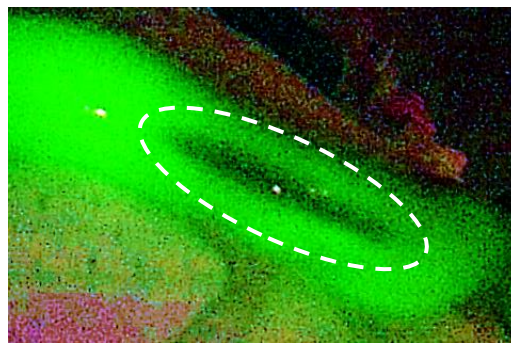


Fig. 25. Imagen del tejido yeyunal que no emite fluorescencia tras el bolo de ICG y bajo la luz NIR (círculo blanco discontinuo). Se puede ver que tiene forma de línea paralela al eje longitudinal del segmento intestinal. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

La evaluación sobre el tejido intestinal con la técnica NIRF coincidió con la evaluación tradicional. Se consideró de nuevo un tramo de intestino desvitalizado de 1,5 cm en la zona afectada, y se decidió tomar 5 cm de resección.

c) Abordaje quirúrgico

Como se ha mencionado antes, se reseccionó un tramo intestinal de unos 5 cm. Se extrajo el CE del tramo. Se trataba de un tapón de bricolaje.

Para acabar, se realizó la anastomosis de los bordes sanos de ambos extremos con un patrón de sutura continuo, reforzado con puntos simples (Fig. 26). El material de sutura utilizado fue el mismo que en otros casos.

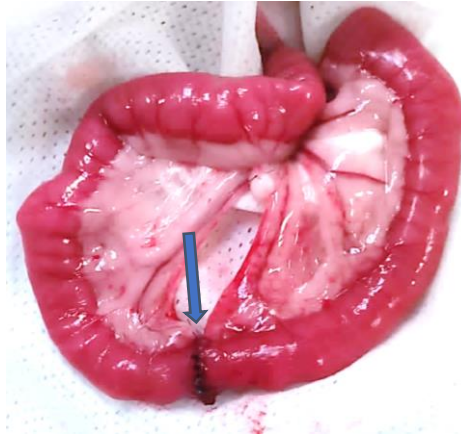


Fig. 26. Imagen de la anastomosis intestinal bajo luz blanca (flecha azul). Todo el tejido se encuentra con un buen aspecto. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

d) Evaluación del tejido implicado en la sutura

Se administró una segunda dosis intravenosa de 0,3 mL de ICG (0,2 mg/kg) para la segunda evaluación NIRF, con un lapso de 10 segundos entre el bolo y la visibilidad de la fluorescencia.

Se consideró que la perfusión del tejidos circundante a la anastomosis era buena al observar la intensidad de la fluorescencia que emitía (Fig. 27), y no se creyó necesario resecionar más tejido en la zona.

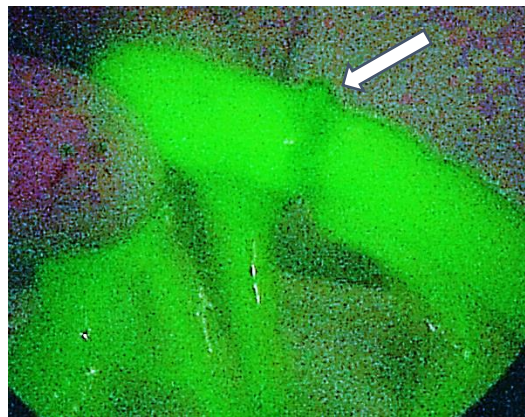


Fig. 27. Imagen de la anastomosis intestinal (flecha blanca) tras el bolo de ICG y bajo la luz NIR. El tejido presenta se ilumina de manera óptima. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

4.3.2. Evolución postquirúrgica

El animal tuvo una evolución postquirúrgica favorable. Tuvo algún vomito puntual que fue controlado con medicación. Se le dio el alta hospitalaria a los 5 días tras la cirugía.

El gato volvió a nuestro hospital 4 días después de darle el alta. El motivo de consulta era un vómito, ese mismo día. Además, tras el alta hospitalario estuvo un poco más apático. Se realizó una ecografía abdominal, y se observó el estómago replegado y ausencia de líquido libre.

Se pautó un tratamiento médico y el paciente ya no volvió a presentar más vómitos.

4.4. CASO 4

Se presenta una hembra canina, esterilizada, mestiza, de 7,5 años y 16 kg. El motivo de consulta eran vómitos y posibles regurgitaciones de 3 semanas de evolución, además de apatía, hiporexia/anorexia y una marcada pérdida de peso. Había acudido a su clínica habitual y el tratamiento médico no fue efectivo. Por este motivo, remitieron al animal a nuestro hospital.

Ya en nuestro centro, se realizó una ecografía abdominal, que evidenció un CE en yeyuno y un íleo mecánico secundario, una leve distensión gástrica y de asas intestinales, una reacción peritoneal y leve cantidad de líquido libre alrededor del asa intestinal afectada. En el estómago se encontró una estructura pequeña con sombra acústica.

4.4.1. Intervención quirúrgica

En la laparotomía exploratoria se observó un CE en yeyuno (Fig. 28). El resto de la cavidad no presentaba alteraciones y no se vio líquido libre.

a) Evaluación tradicional

Se observó un color del tejido rojo, la pared lisa y humedad (Fig. 28), la presencia de peristaltismo, un TRC < 2 segundos, un pulso mesentérico notable y sangrado al realizar la incisión sobre el tejido afectado.



Fig. 28. Imagen del segmento yeyunal obstruido bajo luz blanca. Se puede apreciar un color rojizo del tejido y la forma del CE (círculo amarillo discontinuo). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

Con todos estos hallazgos, se consideró que el tejido del segmento intestinal afectado era viable.

b) Primera evaluación NIRE

Se inyectó una primera dosis intravenosa de 1,28 mL de ICG (0,2 mg/kg). El ICG se tuvo que administrar lentamente porque el animal estaba descompensado a nivel hemodinámico (presentaba hipovolemia e hipertensión), y se estaban administrando bolos de fluidoterapia al mismo tiempo. Tras 10 segundos aproximados se iluminó el tejido intestinal por completo.

El tramo donde estaba localizado el CE se iluminó en su mayoría durante la técnica NIRF, excepto un pequeño foco que se quedó sin iluminar (Fig. 29), que coincidía con lo que se encontró después, al extraer el CE.

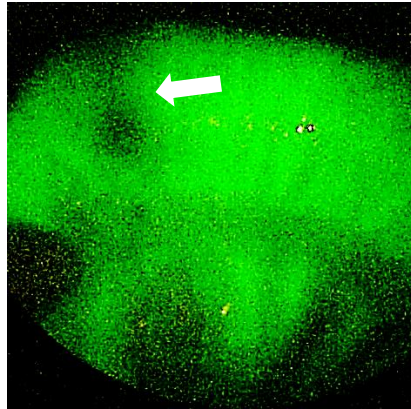


Fig. 29. Imagen del segmento yeyunal obstruido tras el bolo de ICG y bajo la luz NIR. Se aprecia un foco sin iluminar con forma circular (flecha blanca). El resto del segmento se ilumina por completo. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

Se consideró que el tejido era viable, a la espera de revisar bajo luz blanca el foco necrótico visualizado.

c) Abordaje quirúrgico

Se decidió realizar una enterotomía en base a los resultados de ambas técnicas de evaluación. Se extrajo el CE, que era una piedra de 4 cm de diámetro. También se extrajo el material fecal acumulado, que se encontraba proximal a la localización del CE.

Al liberar la luz intestinal por completo se observó una zona de color negruzco en la parte de la mucosa (Fig. 30), que coincidía con el foco que no se iluminaba con la técnica NIRF. Se decidió rascar con la hoja del bisturí sobre esta capa, y la zona negruzca no sangró, pero los bordes de esta sí que lo hicieron.

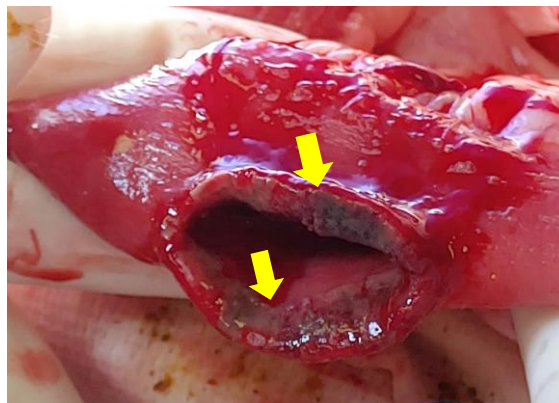


Fig. 30. Imagen del segmento yeyunal bajo luz blanca tras la extracción del CE por enterotomía. Se observa tejido necrótico en la capa de mucosa (flechas amarillas). {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

Se decidió dejar esa zona alterada sin resecionar, ya que el foco de necrosis observado afectaba solamente a la mucosa. Se sospechaba que este foco era resultado de la presión ejercida por el CE contra la pared intestinal. Sin embargo, se optó por realizar una sutura de doble patrón para cerrar la incisión, comprendida por un patrón de aposición, seguida de un patrón de inversión (Fig. 31). Con esto, se quiso introducir el tejido dañado dentro de la luz intestinal, para no comprometer la viabilidad del tejido de la sutura.



Fig. 37. Imagen de la línea de sutura intestinal bajo luz blanca. La zona aparenta tener un buen estado. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

d) Segunda evaluación NIRF

Se administró una segunda dosis intravenosa de 1,28 mL de ICG (0,2 mg/kg), y se tuvo que esperar 10 segundos para valorar el tejido circundante a la sutura.

Con la segunda evaluación NIRF se observó que toda la zona de la sutura emitía fluorescencia (Fig. 32) y, por tanto, el tejido era viable. No se observó ningún foco sin fluorescencia, lo que respaldó la decisión de prescindir de la enterectomía.

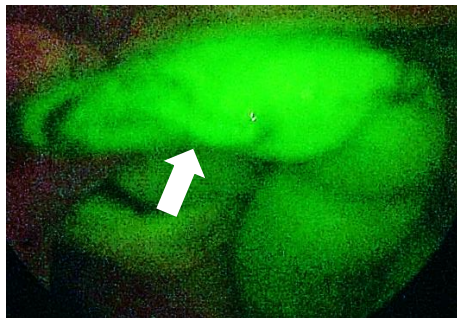


Fig. 32. Imagen de la línea de sutura intestinal (flecha blanca) tras el bolo de ICG y bajo la luz NIR. Se observa todo el tejido emitiendo fluorescencia. {Fuente: cedida por el Hospital Veterinario UCV}.

4.4.2. Evolución postquirúrgica

La perra no tuvo signos de vómitos en el postoperatorio, pero excretaba heces blandas y diarrea en alguna ocasión. A excepción de esto, la evolución postquirúrgica fue muy favorable, y se dio el alta hospitalaria a los 3 días tras la intervención quirúrgica.

La recuperación en casa también evolucionó de manera correcta, sin ninguna alteración.

5. Conclusiones

El presente ensayo consiste en un estudio piloto que ha tenido como objetivo corroborar la eficacia del uso del ICG para la evaluación de la perfusión intestinal, y compararla con la evaluación tradicional.

No ha sido posible realizar un análisis estadístico de la información obtenida porque se ha presentado un número bajo de casos durante el periodo establecido para la recogida de datos, y los que se han presentado muestran variaciones entre sí en cuanto a los problemas desarrollados y su origen.

A pesar de estas limitaciones, uno de los puntos positivos que se debe otorgar a este estudio ha sido la capacidad de ajustar la dosis de ICG necesaria para la evaluación de la perfusión intestinal, dato que no se había tenido constancia hasta el momento para uso clínico en veterinaria. Asimismo, se ha conseguido determinar el periodo de espera entre la inyección de la dosis de ICG y la visualización de la fluorescencia en los tejidos. También ha desvelado algunas dificultades en la función que puede tener el ICG en cirugías de CE intestinales.

Se ha utilizado la bibliografía revisada de medicina humana como referencia para establecer una dosis de ICG, administrándose inicialmente 0,5 mg/kg (Kudusz et al., 2010). Esta dosis se ha utilizado en el caso 1 de este estudio y en otro caso previo que se ha excluido debido a la presencia de una neoplasia como causa de la obstrucción.

La dosis administrada se ha acabado bajando a 0,2 mg/kg durante el desarrollo del estudio (en los casos 2, 3 y 4) porque en el caso 1 se ve imposible realizar la segunda evaluación con la técnica NIRF tras la anastomosis. Esto sucede porque todavía persistía gran parte de la dosis anterior dentro de los vasos sanguíneos del segmento intestinal afectado y, por tanto, este último seguía iluminado con una gran intensidad. Además, otros estudios en medicina humana avalan esta dosis reducida (Boni et al., 2016; Kudusz et al., 2010)

A partir del cambio de la dosis establecida se consigue una eliminación completa o casi completa entre los dos bolos administrados de ICG, pudiéndose a llevar a cabo la segunda evaluación NIRF.

El caso 1 puede aportar información relevante para comprender el comportamiento del ICG en casos similares en los que se desencadene una úlcera o perforación. Se ha podido evidenciar una limitación en la utilidad de la técnica NIRF para evaluar intestinos obstruidos cuando esta complicación estaba presente.

La técnica NIRF revela que el tejido intestinal del caso 1 es viable por iluminarse adecuadamente. Sin embargo, la laparotomía exploratoria había indicado una perforación intestinal e indicios de peritonitis. Por tanto, se acaba decidiendo realizar una R&A.

Posiblemente, el problema en este caso no viene por un proceso de isquemia previo, sino por el daño mecánico que el CE ha estado ejerciendo sobre el tejido en sí.

Los resultados de la técnica NIRF se basan en la valoración de la perfusión de los tejidos y, por tanto, cuando el daño intestinal viene desencadenado por un factor diferente al compromiso vascular, no puede confirmar la existencia de ese otro daño en la integridad tisular. De hecho, en los bordes de la úlcera del caso 1 se ve una iluminación más intensa.

Las fugas capilares pueden provocar hiperfluorescencia por la concentración de ICG en los tejidos, y esta fluorescencia perdura más (Nowak et al., 2020). Seguramente, esto es lo que ha falseado la interpretación de la técnica NIRF.

Este comportamiento del ICG ha supuesto un perjuicio en este estudio, pero en ocasiones puede ser de utilidad. Ya hay un estudio que ha evaluado este comportamiento para la detección de sangrados intestinales intraoperatorios (Kawachi et al., 2020).

Al final, el perro del caso 1 desarrolla una dehiscencia de sutura. Se puede sospechar que la razón de ello es que el animal ya vino a consulta con una peritonitis previa, factor que aumenta el riesgo de padecer esta complicación durante el postoperatorio. La peritonitis proporciona un ambiente desfavorable para que el tejido se cicatrice debidamente (Grimes et al., 2011). Las bacterias implicadas y las células inflamatorias liberan sustancias que favorecen la lisis de los componentes del tejido cicatricial inicial (Ralphs et al., 2003; Thornton & Barbul, 1997).

Aún con todo lo comentado hasta el momento sobre el caso 1, hay que tener en cuenta que falta la evaluación NIRF tras la anastomosis de la primera cirugía. Como ya se ha mencionado, no ha sido factible por la imposibilidad de inyectar el ICG de nuevo. No se puede saber si esta segunda evaluación NIRF podría haber aportado información que pudiese prevenir la formación de esa dehiscencia.

En el caso 2, la técnica NIRF ha sido útil durante la primera cirugía para descartar que tanto el segmento intestinal donde estaba localizado el CE como el de la estenosis estaban sufriendo un compromiso vascular. En esta ocasión, es de esperar que el tramo del CE no presente daños, ya que éste último no tiene un tamaño que comprometa demasiado los tejidos por los que tenga que pasar, y su presencia es probablemente secundaria a la estenosis. Esto significa que probablemente el CE estaría provocando una obstrucción parcial.

Como se ha dicho antes, el verdadero problema de este animal es la estenosis en el colon. Este hallazgo coincide con la fisiopatología relacionada con la presencia de CEs en el intestino grueso. Dicha localización es poco común para los CEs, porque el diámetro de su luz es mayor que el del intestino delgado y, en consecuencia, si estos son capaces de atravesar toda la longitud del intestino delgado también lo suelen ser para salir del organismo. Esta suposición se confirma tras ver que el CE pasa hacia el recto y el ano con ayuda de la manipulación manual fácilmente.

En la segunda cirugía de la gata del caso 2, la técnica NIRF ha tenido de nuevo una función en la verificación de la buena perfusión intestinal. La gata presenta esta vez las asas del intestino delgado plicadas y encapsuladas por un tejido fibrinoso, y se comprende que ésta es la causa del cuadro clínico del animal.

Al llevarse a cabo las dos técnicas de evaluación de los tejidos intestinales se concluye que estos son viables, sin ningún área con cambios. El estado del riego sanguíneo de la zona había estado preocupando hasta entonces, dada la compresión que parecía provocar el encapsulamiento de las asas durante la laparotomía exploratoria. Gracias a la técnica NIRF se desecha definitivamente la posibilidad de que las asas plicadas tengan una perfusión insuficiente.

Los resultados de las biopsias intestinales de la primera cirugía del caso 2 indican que el diagnóstico subyacente de este animal es una IBD (Inflammatory Bowel Disease). Revisando fuentes bibliográficas, este diagnóstico es compatible con una de las causas que desencadenan obstrucciones (Radlinsky, 2013).

La técnica NIRF en el caso 3 ha mostrado una buena perfusión en el tramo intestinal afectado por el CE en general, ya que el tejido parece iluminarse en su mayoría. Sin embargo, se halla una línea sin emitir fluorescencia en la mucosa en el lado antimesentérico. Esta línea coincide con el tejido más dañado de la pared intestinal por el CE a simple vista.

En este caso, la evaluación tradicional remarca también un problema de perfusión en la misma zona de la mucosa, ya que la apariencia de la pared intestinal se ve distinta al resto del segmento y, al realizar una incisión sobre este punto, no se produce sangrado alguno.

Previamente se observa que el CE se puede ver a través del tejido intestinal justo en la zona sin iluminar, dando a entender que presenta una laceración de las capas tisulares en dicho punto.

Finalmente, se toma la decisión de realizar una enterectomía por las siguientes razones: la evidencia de un grosor < 1mm de pared intestinal en la ecografía abdominal previa a la cirugía, los hallazgos mostrados en la laparotomía exploratoria y en las dos evaluaciones de la viabilidad tisular del segmento afectado, y la preocupación por las complicaciones que podría conllevar a

largo plazo la reducción del diámetro de la luz intestinal en la zona afectada al suturar la incisión de una enterotomía. La R&A permitía que se conservase el diámetro original de luz.

En el caso 4 se observa que varios de los parámetros de la evaluación tradicional son favorables en el segmento obstruido a primera vista y, por tanto, se decide que todo el tejido es viable. Sin embargo, la primera evaluación NIRF y la evaluación de la mucosa tras la extracción del CE por enterotomía revelan la presencia de un foco de necrosis en la mucosa.

Cuando se inyecta el ICG no se ilumina un área del segmento. Con la técnica NIRF se decide que el tejido circundante es viable. Igualmente, se quiere comprobar de nuevo la zona, y cuando se extrae el CE de la luz intestinal el foco de necrosis llama la atención por su color negrozco. Se corrobora ante la ausencia de sangrado en el foco.

El cambio en el abordaje quirúrgico que se ha visto oportuno por este hallazgo de necrosis es la elección de suturar la enterotomía con un doble patrón de sutura (un patrón simple continuo y uno de inversión). Con este patrón se quiere asegurar que la línea de sutura contenga tejido sano.

No se vuelve a presenciar el foco sin iluminar en la segunda evaluación NIRF. Se piensa que esto se puede deber al patrón de sutura invertido en la línea de la enterotomía. Con este patrón se habría introducido el foco sin iluminar dentro de la luz intestinal y el resto del tejido sano lo habría ocultado. Otra teoría puede ser que, al rascar la zona necrosada con el bisturí, se haya reavivado la mucosa, y por eso le haya llegado el ICG.

Para concluir, los resultados obtenidos del estudio dan a entender que la técnica NIRF es eficaz determinando el alcance de los daños en la perfusión en cirugías intestinales, y concretamente, en cirugías de obstrucciones por CE intestinales. Si se compara esta técnica con la tradicional, el uso del ICG ha igualado como mínimo la eficacia de la otra en el diagnóstico intraquirúrgico de la viabilidad del segmento intestinal obstruido.

No se ha podido determinar con exactitud el efecto del ICG sobre la prevención de dehiscencias de manera objetiva, debido a las limitaciones en la casuística del estudio y las características particulares de cada uno de los casos. No obstante, en un estudio reciente de medicina humana se ha sugerido que tiene un menor impacto en cirugías de urgencia comparado con las electivas (Liot et al., 2018).

Dos datos relevantes que ha conseguido sacar en claro este estudio son: el establecimiento de una dosis de 0,2mg/kg de ICG intravenosa para poder realizar la técnica NIRF correctamente, y

el tiempo de espera aproximado de 10 segundos entre la inyección del bolo de ICG y la visualización de una fluorescencia clara en el tejido intestinal.

Hace falta más estudios sobre el tema, y con un número representativo de población, para poder conseguir unas conclusiones más precisas sobre la eficacia y la comparación con la técnica tradicional. Sugerimos que el modelo de animales para futuros estudios podría ser similar a los casos 3 y 4 de este estudio.

Asimismo, estas publicaciones también permitirían establecer de manera exacta las limitaciones que tiene el uso de las angiografías con ICG para este tipo de cirugías.

6. Bibliografía

- Afifi, I., Abdelrahman, H., El-Faramawy, A., Mahmood, I., Khoschnau, S., Al-Naimi, N., El-Menyar, A., Al-Thani, H., & Rizoli, S. (2021). The use of Indocyanine green fluorescent in patients with abdominal trauma for better intraoperative decision-making and less bowel anastomosis leak: Case series. *Journal of Surgical Case Reports*, 2021(6). <https://doi.org/10.1093/jscr/rjab235>
- Alander, J. T., Kaartinen, I., Laakso, A., Pätilä, T., Spillmann, T., Tuchin, V. V., Venermo, M., & Välisuo, P. (2012). A Review of Indocyanine Green Fluorescent Imaging in Surgery. *International Journal of Biomedical Imaging*, 2012, 1-26. <https://doi.org/10.1155/2012/940585>
- Araki, J., Nishizawa, Y., Nakamura, T., Sato, T., Naito, M., Fujii, S., Mihara, M., & Koshima, I. (2012). The Development of a Canine Anorectal Autotransplantation Model Based on Blood Supply: A Preliminary Case Report. *PLoS ONE*, 7(9), e44310. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044310>
- Araki, J., Nishizawa, Y., Nakamura, T., Sato, T., Naito, M., Hatayama, N., Hirai, S., Tashiro, K., & Koshima, I. (2014). Anorectal autotransplantation in a canine model: The first successful report in the short term with the non-laparotomy approach. *Scientific Reports*, 4(1), 1-6. <https://doi.org/10.1038/srep06312>
- Baladrón González, V. (2018). *Uso del verde de indocianina (limon) en el periodo perioperatorio de la cirugía hepática: Detección de la insuficiencia hepática precoz* [Tesis]. Universidad Complutense de Madrid.
- Boni, L., David, G., Dionigi, G., Rausei, S., Cassinotti, E., & Fingerhut, A. (2016). Indocyanine green-enhanced fluorescence to assess bowel perfusion during laparoscopic colorectal resection. *Surgical Endoscopy*, 30(7), 2736-2742. <https://doi.org/10.1007/s00464-015-4540-z>
- Boni, L., David, G., Mangano, A., Dionigi, G., Rausei, S., Spampatti, S., Cassinotti, E., & Fingerhut, A. (2015). Clinical applications of indocyanine green (ICG) enhanced fluorescence in laparoscopic surgery. *Surgical Endoscopy*, 29(7), 2046-2055. <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3895-x>
- Cimino Brown, D. (Ed.). (2010). Small Intestine. En K. M. Tobias & S. A. Johnston, *Manual of Small Animal Soft Tissue Surgery* (1st ed., Vol. 2, pp. 1513-1541). Wiley-Blackwell
- Degett, T. H., Andersen, H. S., & Gögenur, I. (2016). Indocyanine green fluorescence angiography for intraoperative assessment of gastrointestinal anastomotic perfusion: A systematic review of clinical trials. *Langenbeck's Archives of Surgery*, 401(6), 767-775. <https://doi.org/10.1007/s00423-016-1400-9>

- Diana, M., Dallemagne, B., Chung, H., Nagao, Y., Halvax, P., Agnus, V., Soler, L., Lindner, V., Demartines, N., Diemunsch, P., Geny, B., Swanström, L., & Marescaux, J. (2014). Probe-based confocal laser endomicroscopy and fluorescence-based enhanced reality for real-time assessment of intestinal microcirculation in a porcine model of sigmoid ischemia. *Surgical Endoscopy*, 28(11), 3224-3233. <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3595-6>
- Ellison, G. W. (2011). Complications of Gastrointestinal Surgery in Companion Animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 41(5), 915-934. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.05.006>
- Ellison, G. W., Case, J. B., & Regier, P. J. (2019). Intestinal surgery in small animals: Historical foundations, current thinking, and future horizons. *Veterinary Surgery*, 48(7), 1171-1180. <https://doi.org/10.1111/vsu.13275>
- Favril, S., Abma, E., Blasi, F., Stock, E., Devriendt, N., Vanderperren, K., & de Rooster, H. (2018). Clinical use of organic near-infrared fluorescent contrast agents in image-guided oncologic procedures and its potential in veterinary oncology. *Veterinary Record*, 183(11), 1-9. <https://doi.org/10.1136/vr.104851>
- Favril, S., Abma, E., Stock, E., Devriendt, N., Van Goethem, B., Blasi, F., Brioschi, C., Polis, I., De Cock, H., Miragoli, L., Oliva, P., Valbusa, G., Vanderperren, K., & de Rooster, H. (2020). Fluorescence-guided surgery using indocyanine green in dogs with superficial solid tumours. *Veterinary Record*, 187(7), 1-9. <https://doi.org/10.1136/vr.105554>
- Favril, S., Stock, E., Hernot, S., Hesta, M., Polis, I., Vanderperren, K., & de Rooster, H. (2019). Sentinel lymph node mapping by near-infrared fluorescence imaging and contrast-enhanced ultrasound in healthy dogs. *Veterinary and Comparative Oncology*, 17(1), 89-98. <https://doi.org/10.1111/vco.12449>
- Ford, R. B., & Mazzaferro, E. M. (2007). *Kirk and Bistner's Handbook of Veterinary Procedures and Emergency Treatment* (8th ed). Elsevier.
- German, A. J. (Ed.). (2005). Diseases of the Small Intestine. En E. J. Hall, J. W. Simpson, & D. A. Williams, *BSAVA manual of canine and feline gastroenterology* (2nd ed, pp. 176-202). BSAVA
- Grimes, J. A., Schmiedt, C. W., Cornell, K. K., & Radlinsky, M. A. G. (2011). Identification of risk factors for septic peritonitis and failure to survive following gastrointestinal surgery in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 238(4), 486-494. <https://doi.org/10.2460/javma.238.4.486>

- Hayashi, M., Maehara, S., Ito, Y., Yamashita, K., Kubo, A., & Nakade, T. (2017). Comparison between indocyanine green angiography and fluorescein angiography in normal cats. *Veterinary Ophthalmology*, 20(4), 310-315. <https://doi.org/10.1111/vop.12418>
- Hayes, G. (2009). Gastrointestinal foreign bodies in dogs and cats: A retrospective study of 208 cases. *Journal of Small Animal Practice*, 50(11), 576-583. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2009.00783.x>
- Iida, G., Asano, K., Seki, M., Ishigaki, K., Teshima, K., Yoshida, O., Edamura, K., & Kagawa, Y. (2013). Intraoperative identification of canine hepatocellular carcinoma with indocyanine green fluorescent imaging. *Journal of Small Animal Practice*, 54(11), 594-600. <https://doi.org/10.1111/jsap.12148>
- Jafari, M. D., Lee, K. H., Halabi, W. J., Mills, S. D., Carmichael, J. C., Stamos, M. J., & Pigazzi, A. (2013). The use of indocyanine green fluorescence to assess anastomotic perfusion during robotic assisted laparoscopic rectal surgery. *Surgical Endoscopy*, 27(8), 3003-3008. <https://doi.org/10.1007/s00464-013-2832-8>
- Jönsson, K., Jiborn, H., & Zederfeldt, B. (1983). Breaking strength of small intestinal anastomoses. *The American Journal of Surgery*, 145(6), 800-803. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(83\)90144-7](https://doi.org/10.1016/0002-9610(83)90144-7)
- Kawachi, J., Ogino, H., Shimoyama, R., Ichita, C., Isogai, N., Murata, T., Miyake, K., Nishida, T., Fukai, R., & Kashiwagi, H. (2020). Intraoperative angiography with indocyanine green injection for precise localization and resection of small bowel bleeding. *Acute Medicine & Surgery*, 7(1). <https://doi.org/10.1002/ams2.549>
- Kudszus, S., Roesel, C., Schachtrupp, A., & Höer, J. J. (2010). Intraoperative laser fluorescence angiography in colorectal surgery: A noninvasive analysis to reduce the rate of anastomotic leakage. *Langenbeck's Archives of Surgery*, 395(8), 1025-1030. <https://doi.org/10.1007/s00423-010-0699-x>
- Lin, L., Chiu, H., Nishimura, R., Fujiwara, R., & Chung, C. (2020). Computed tomographic lymphangiography via intra-metatarsal pad injection is feasible in dogs with chylothorax. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 61(4), 435-443. <https://doi.org/10.1111/vru.12865>

- Liot, E., Assalino, M., Buchs, N. C., Schiltz, B., Douissard, J., Morel, P., & Ris, F. (2018). Does near-infrared (NIR) fluorescence angiography modify operative strategy during emergency procedures? *Surgical Endoscopy*, 32(10), 4351-4356. <https://doi.org/10.1007/s00464-018-6226-9>
- Maxwell, E. A., Dugat, D. R., Waltenburg, M., Upchurch, D., Soto-Elias, P., Duffy, D. J., Spector, D., Petrovsky, B., & Payton, M. (2021). Outcomes of dogs undergoing immediate or delayed surgical treatment for gastrointestinal foreign body obstruction: A retrospective study by the Society of Veterinary Soft Tissue Surgery. *Veterinary Surgery*, 50, 177-185. <https://doi.org/10.1111/vsu.13520>
- Mayhew, P. D., Steffey, M. A., Fransson, B. A., Johnson, E. G., Singh, A., Culp, W. T. N., Brisson, B. A., Oblak, M. L., Balsa, I. M., & Giuffrida, M. A. (2019). Long-term outcome of video-assisted thoracoscopic thoracic duct ligation and pericardectomy in dogs with chylothorax: A multi-institutional study of 39 cases. *Veterinary Surgery*, 48(S1), O112-O120. <https://doi.org/10.1111/vsu.13113>
- Mullen, K. M., Regier, P. J., Ellison, G. W., & Londoño, L. (2020a). A Review of Normal Intestinal Healing, Intestinal Anastomosis, and the Pathophysiology and Treatment of Intestinal Dehiscence in Foreign Body Obstructions in Dogs. *Topics in Companion Animal Medicine*, 47. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2020.100457>
- Mullen, K. M., Regier, P. J., Ellison, G. W., & Londoño, L. (2020b). The Pathophysiology of Small Intestinal Foreign Body Obstruction and Intraoperative Assessment of Tissue Viability in Dogs: A Review. *Topics in Companion Animal Medicine*, 40, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2020.100438>
- Nowak, K., Karampinis, I., & Gerken, A. L. H. (2020). Application of Fluorescent Dyes in Visceral Surgery: State of the Art and Future Perspectives. *Visceral Medicine*, 36(2), 80-87. <https://doi.org/10.1159/000506910>
- Otero Piñeiro, A. M. (2018). *Utilidad de la angiografía mediante verde de indocianina para la prevención del fallo de sutura en cirugía colorrectal* [Tesis]. Universidad Autónoma de Barcelona
- Pérez-Saborido, B., Toledano-Trincado, M., & Pacheco-Sánchez, D. (2019). Uso de verde de indocianina para prevenir lesiones yatrogénicas de la vía biliar durante colecistectomía laparoscópica. *Cirugía Andaluza*, 30(2), 228-234. <https://doi.org/10.37351/2019302.13>
- Pirie, C. G., & Alario, A. (2014). Anterior segment angiography of the normal canine eye: A comparison between indocyanine green and sodium fluorescein. *The Veterinary Journal*, 199(3), 360-364. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.12.011>

- Piščík, V. G., & Kovalenko, A. I. (2018). *NIR/ICG fluorescence imaging for thoracoscopic segmentectomy* (1st edition). Endo Press GmbH.
- Radlinsky, M. A. G. (Ed.). (2013). Surgery of the Digestive System. En T. W. Fossum, *Small animal surgery* (4th ed, pp. 386-583). Elsevier Mosby.
- Ralphs, S. C., Jessen, C. R., & Lipowitz, A. J. (2003). Risk factors for leakage following intestinal anastomosis in dogs and cats: 115 cases (1991-2000). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 223(1), 73-77. <https://doi.org/10.2460/javma.2003.223.73>
- Suh, Y. J., Choi, J. Y., Chai, Y. J., Kwon, H., Woo, J.-W., Kim, S., Kim, K. H., Lee, K. E., Lim, Y. T., & Youn, Y.-K. (2015). Indocyanine green as a near-infrared fluorescent agent for identifying parathyroid glands during thyroid surgery in dogs. *Surgical Endoscopy*, 29(9), 2811-2817. <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3971-2>
- Thornton, F. J., & Barbul, A. (1997). HEALING IN THE GASTROINTESTINAL TRACT. *Surgical Clinics of North America*, 77(3), 549-573. [https://doi.org/10.1016/S0039-6109\(05\)70568-5](https://doi.org/10.1016/S0039-6109(05)70568-5)
- Townsend, K. L., Milovancev, M., & Bracha, S. (2018). Feasibility of near-infrared fluorescence imaging for sentinel lymph node evaluation of the oral cavity in healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 79(9), 995-1000. <https://doi.org/10.2460/ajvr.79.9.995>
- Urbanavičius, L., Pattyn, P., Van de Putte, D., & Venskutonis, D. (2011). How to assess intestinal viability during surgery: A review of techniques. *World Journal of Gastrointestinal Surgery*, 3(5), 59-69. <https://doi.org/doi:10.4240/wjgs.v3.i5.59>
- Van Manen, L., Handgraaf, H. J. M., Diana, M., Dijkstra, J., Ishizawa, T., Vahrmeijer, A. L., & Mieog, J. S. D. (2018). A practical guide for the use of indocyanine green and methylene blue in fluorescence-guided abdominal surgery. *Journal of Surgical Oncology*, 118(2), 283-300. <https://doi.org/10.1002/jso.25105>
- Volk, S. W. (Ed.). (2014). Peritonitis. En D. C. Silverstein & K. Hopper, *Small Animal Critical Care Medicine* (2nd ed, pp. 643-648). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-0306-7.00122-7>
- Willard, M. D. (Ed.). (2014). Disorders of the intestinal tract: Intestinal obstruction. En R. W. Nelson & C. G. Couto, *Small animal internal medicine* (5th ed., pp. 455-491). Elsevier Mosby.

Williams, J. M. (Ed.). (2010). Colon. En K. M. Tobias & S. A. Johnston, *Manual of Small Animal Soft Tissue Surgery* (1st ed., Vol. 2, pp. 1542-1564). Wiley-Blackwell.

Yuan, B., Chen, N., & Zhu, Q. (2004). Emission and absorption properties of indocyanine green in Intralipid solution. *Journal of Biomedical Optics*, 9(3), 497-503.
<https://doi.org/10.1117/1.1695411>

